

Ф. Кольрауш

**Руководство к практике
физических измерений**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 93
ББК 63.3
Ф11

Ф11 **Ф. Кольрауш**
Руководство к практике физических измерений / Ф. Кольрауш – М.: Книга
по Требованию, 2015. – 464 с.

ISBN 978-5-518-03161-6

ISBN 978-5-518-03161-6

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2015

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2015

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

опредѣленнымъ инструментамъ; точно также описаніе аппаратовъ дается рѣдко, потому что послѣдніе большею частью даются работающему въ руки, а въ учебникахъ опытной физики почти всегда можно найти рисунки и описанія. Исключеніе сдѣлано лишь для новыхъ или менѣе извѣстныхъ аппаратовъ.

Подробное обоснованіе всѣхъ правилъ вычисленія завело бы слишкомъ далеко; тѣмъ не менѣе часто прибавлены краткія доказательства и поясненія (мелкимъ шрифтомъ), чтобы облегчить работающему пониманіе связи. Для выясненія абсолютныхъ магнитныхъ и электрическихъ измѣреній, по которымъ нѣтъ связной литературы, но которыя крайне важны для физическихъ работъ, въ концѣ книги имѣется прибавленіе, гдѣ кратко изложены важнѣйшіе пункты абсолютной системы мѣръ.

Математическіе приемы, за исключеніемъ немногихъ мѣсть въ объясненіяхъ, ограничиваются элементарною математикой.

Май 1872.

Въ шестомъ изданіи старая нумерація опять, по возможности, мало измѣнена противъ прежняго; новыя вставки помѣчены большею частью нумерами съ присоединеніемъ буквъ. Содержаніе же (что видно при ближайшемъ просмотрѣ) возросло въ бѣльшей мѣрѣ, нежели объемъ, такъ какъ изложеніе и печать были сильно сжаты, чтобы не сдѣлать книгу несоотвѣтствующею учебнымъ цѣлямъ.

За ново прибавленъ небольшой отдѣлъ о пространственныхъ измѣреніяхъ; кромѣ того, въ соотвѣтствіи съ потребностями времени, наиболѣе расширилась часть книги, посвященная электричеству.

Касательно ссылки на литературу, повторяю здѣсь свое прежнее замѣчаніе, что въ цитатахъ нѣтъ никакой системы, что онѣ преслѣдуютъ исключительно практическую цѣль, и что въ нихъ отнюдь не содержится чего либо въ родѣ сужденій по вопросу о первенствѣ авторовъ.

Вюрцбургъ, февраль 1887.

къ русскому изданію.

Въ пятнадцать лѣтъ, прошедшихъ со времени выхода руководства Кольрауша въ русскомъ переводѣ г. Ламанскаго, потребность въ книгѣ этого рода, безъ сомнѣнія, значительно увеличилась; самое же руководство настолько возрасло по содержанию, что оказывался желательнымъ новый переводъ его.

По любезному предложенію проф. И. И. Боргмана и подъ его руководствомъ къ настоящему изданію сдѣлано приложеніе, состоящее изъ статей, отсутствующихъ въ сочиненіи Кольрауша или же изложенныхъ въ немъ слишкомъ кратко; приложеніе составлено главнымъ образомъ по англійскимъ источникамъ, которые тамъ же и указаны. Вставки и выноски, принадлежація лично И. И. Боргману, помѣчены буквами И. Б.

Къ 39 таблицамъ оригинала мною прибавлена 40-я, содержащая географическое положеніе и элементы земного магнетизма для нѣкоторыхъ городовъ Европейской Россіи. Кромѣ того, логарифмическія таблицы оригинала я счелъ нелишнимъ замѣнить чрезвычайно удобными таблицами съ пропорціональными частями по Квинне; употребленіе ихъ понятно безъ поясненія.

Не могу не прибавить, что при крайне сжатой рѣчи и нѣсколько своеобразной терминологіи автора, переводъ текста представлялъ мѣстами значительныя трудности, и я отнюдь не увѣренъ, что мнѣ удалось преодолѣть ихъ всё. Нѣсколькими цѣнными указаніями я обязанъ участію Степана Александровича Усова, нынѣ покойнаго.

Въ корректурномъ отношеніи сдѣлано все возможное для устраненія погрѣшностей столь тягостныхъ въ этого рода изданіяхъ; въ особенности обращено было вниманіе на корректуру формулъ и таблицъ. Тѣмъ не менѣе, при окончательномъ просмотрѣ, въ книгѣ оказались нѣкоторые промахи, изъ которыхъ болѣе важныя указаны въ особомъ спискѣ. *)

Лейпцигъ, мартъ 1891.

Н. Д.

*) Ссылки въ текстѣ, помѣченныя сокращенно «приб.», относятся къ статьѣ объ абсолютной системѣ мѣръ, стр. 331 и слѣд.— Не лишнее замѣтить еще, что собственныя работы авторъ вездѣ помѣчаетъ инициалами F. K.

Содержаніе:

(Обозначенные * параграфы или новы, или обработаны зл-ново).

Объ измѣреніяхъ вообще.

	Стр.
1. Погрѣшности наблюденія. Средня и вѣроятная погрѣшности	1
2. Вліаніе погрѣшностей наблюденія на результатъ .	4
Правила приближеннаго вычисленія надъ малыми величинами.	9
3. Опредѣленіе эмпирическихъ постоянныхъ по способу наименьшихъ квадратовъ .	10
4. Поправки и ихъ исчисленіе	15
4а. Интерполированіе	18
5. Правила для численныхъ выкладокъ .	20

Взвѣшиваніе и опредѣленіе плотности.

6. Установка и испытаніе вѣсовъ . .	21
7. Взвѣшиваніе наблюденіемъ колебанія коромысла .	23
8. Опредѣленіе чувствительности вѣсовъ .	26
9. Отношеніе плечъ коромысла	27
10. Абсолютное взвѣшиваніе тѣла . .	28
Приведеніе вѣса къ пустотѣ	29
11. Таблица поправокъ для набора разновѣсокъ .	30
12. Плотность или удѣльный вѣсъ .	33
Для жидкостей .	34
Для твердыхъ тѣлъ .	35
13. Поправки наблюденій съ пикнометромъ или стекляннымъ подвѣскомъ на температуру	38
14. Плотность. Приведеніе къ водѣ при 4°, къ пустотѣ и нормальной температурѣ	40
Приведеніе къ нормальной температурѣ	42
15. Волюменометръ	42
16. Вычисленіе плотности воздуха или другого газа по давленію и температурѣ	43
17. Опредѣленіе плотности пара.	44

Взвѣшиваніемъ опредѣленнаго объема пара (Dumas) .	44
Измѣреніемъ объема паровъ взвѣшеннаго количества жид- кости (Gay-Lussac, Hofmann) .	48
Способъ вытѣсненія (V. Meyer) .	49
17a. Опредѣленіе плотности газа. Взвѣшиваніемъ .	51
Наблюденіемъ времени истеченія (Bunsen)	52

Пространственные измѣренія.

*18. Измѣреніе длины. Масштабъ съ чертами .	53
Контактные масштабы. Сферометръ .	55
*18a. Катетометръ (Dulong и Petit)	57
*19. Опредѣленіе емкости сосуда взвѣшиваніемъ .	58
*19a. Калиброваніе капиллярной стеклянной трубки	59

Давленіе воздуха.

20. Атмосферное давленіе (барометрическая высота). Поправки на температуру, капиллярное пониженіе, давленіе пара и измѣ- неніе тяжести	61
21. Барометрическое измѣреніе высотъ	62

Теплота.

22. Ртутный термометръ. Точки таянія и кипѣнія	66
Измѣняемость «постоянныхъ точекъ»	68
Опредѣленіе (Definition) и исчисленіе температуры	69
Выставляющійся столбикъ	70
23. Калиброваніе термометра.	71
Сравненіе двухъ термометровъ.	77
24. Воздушный термометръ	78
25. Опредѣленіе температуры помощью термо-элемента.	81
26. Опредѣленіе коэффициента расширенія отъ теплоты	82
Измѣреніемъ длины .	82
Взвѣшиваніемъ.	83
Расширеніе жидкостей.	84
27. Точка кипѣнія жидкости	85
28. Опредѣленіе влажности воздуха (гигрометрія)	85
Гигрометры Даниеля и Ренью	86
Психрометръ Августа	87
29. Удѣльная теплота. Способъ смѣшенія	88
29a. Удѣльная теплота. Гальваническій методъ (Pfaundler)	93
30. Удѣльная теплота. Способъ охлажденія .	94
31. Удѣльная теплота. Способъ таянія льда.	95
Ледяной калориметръ Бунзена .	96
32. Сравненіе теплопроводимости двухъ брусковъ	97

Упругость и звукъ.

*33. Опредѣленіе модуля упругости изъ растяженія	99
34. Модуль упругости изъ продольныхъ колебаній	102
*35. Опредѣленіе модуля упругости по гнутію прута	104
36. Модуль крученія проволоки — изъ колебаній	106
37. Опредѣленіе скорости звука помощью пыльных фигуръ (Kundt) .	108
37a. Абсолютное число колебаній тона	110

Капиллярность и внутреннее треніе.

37b. Постоянная капиллярности	112
37c. Коэффициентъ внутреннего тренія жидкости	113

Свѣтъ.

38. Отражательный гониометръ (Wollaston)	115
39. Опредѣленіе показателя преломленія спектрометромъ Фраунгоферовы линіи	117 123
*39a. Опредѣленіе показателя преломленія плоской пластинки подъ микроскопомъ	124
40. Показатель преломленія — изъ угла полного отраженія (Wollaston) Помощью призмъ	125 126
Помощью рефлектометра, основаннаго на полномъ отра- женіи (Totalreflectometer, F. K.)	126
Помощью рефрактометра (Abbe)	129
Помощью спектрометра (тонкія пластинки, E. Wiedemann и Terquem und Trannin)	130
41. Спектральный анализъ (Bunsen и Kirchhoff)	131
42. Длина волны свѣтового луча	134
43. Измѣреніе радіуса кривизны. Помощью сферометра Посредствомъ отраженія (R. Kohlrausch)	135 136
* Поверхности малой кривизны	137
44. Фокусное разстояніе линзы	138
45. Увеличеніе и проч. оптическаго инструмента. Луна Зрительная труба	142 143
Микроскопъ	145
46. Опредѣленіе оптической вращательной способности. (Biot.) Са- харометрія	146
Сахариметры съ вращающимся николемъ	147
Сахариметры съ кварцевыми влиньями	150
Опредѣленіе содержанія сахара въ присутствіи другихъ вращающихъ веществъ	151
*Опредѣленіе вращенія въ спектрѣ	152
46a. Исслѣдованіе двояко-преломляющихъ тѣлъ. Опредѣленіе оптиче- скаго характера однооснаго кристалла	152
47. Уголъ между оптическими осями кристалла	155
*47a. Фотометрія	157

Вспомогательныя наблюденія по магнетизму и электричеству.

48. Измѣреніе угловъ помощьюъ зеркала и шкалы (Poggendorff и Gauss)	161
Рецептъ для серебрена стѣкла (Böttger)	162
*49. Вычисленіе угла и его функцийъ изъ отчета по шкалѣ	163
50. Нахожденіе положенія равновѣсія изъ колебаній	165
51. Успокоеніе и логарифмическій декрементъ	166
52. Продолжительность колебанія	167
53. Приведеніе продолжительности колебанія къ безконечно-малой дугѣ	170
53a. Бифилярное подвѣшываніе	171
54. Моментъ инерціи	173
Вычисленіе его	174
Опредѣленіе помощьюъ нагрузки (Gauss)	175
Черезъ бифилярное подвѣшываніе	176
55. Отношеніе крученій при подвѣшенномъ магнитѣ.	177

Магнетизмъ.

*55a. Общія замѣчанія. Магнитный моментъ. Постоянство магнитовъ. Разстояніе полюсовъ. Подвѣшываніе магнита. Земной магнетизмъ.	179
56. Магнитное наклоненіе.	180
57. Магнитное склоненіе	182
58. Геодезическое опредѣленіе посредствомъ буссоли	184
59. Опредѣленіе горизонтальной составляющей земного магнетизма по Гауссу	185
Опредѣленія МН изъ продолжительности колебанія ¹⁾	185
Опредѣленія М/Н по отклоненію	186
60. Компенсированный магнитометръ (Weber) для опредѣленія горизонтальной составляющей.	192
60a. Опред. гориз. состав. помощьюъ бифилярно-подвѣшеннаго магнита. Абсолютный бифилярный магнитометръ (F. K.).	194
61. Временныя измѣненія въ напряженіи земного магнетизма	195
Бифилярный вариометръ (Gauss)	196
Вариометръ съ четырьмя отклоняющими магнитами (F. K.).	198
61a. Сравненіе горизонтальной составляющей въ двухъ мѣстахъ. Наблюденіемъ колебаній	199
Наблюденіемъ отклоненій. Мѣстный вариометръ (Local-Variometer, F. K.)	199
62. Магнитный моментъ въ абсолютной мѣрѣ (Gauss)	200
Опредѣленіе изъ отклоненій.	200
Наблюденіемъ колебаній	201
Посредствомъ двуитнаго подвѣшыванія	201
Помощью вѣсовъ (Helmholtz)	201

¹⁾ Объ опредѣленія МН помощью вѣсовъ см. Töpler, Wied. Ann. XXI, 158. 1884.

62a. Температурный коэффициентъ магнита.	202
Компенсация (Weber) . . .	203
Бифилярное подвѣшиваніе (Wild).	204
*62b. Разстояніе полюсовъ магнита	204

Гальванизмъ.

*63. О гальваническихъ работахъ вообще .	206
Законы Ома-Кирхгофа. Электрическія единицы.	206
Возбудители тока .	209
Соединеніе проводниковъ между собою.	211
Реостатическія сопротивленія	212
Батареи и мультипликаторы . .	213
*64. Тангенсъ буссоль (Pouillet и W. Weber)	214
Абсолютное измѣреніе силы тока. .	215
Измѣреніе сильныхъ токовъ. Отводъ (Shunt).	219
65. Синусъ-буссоль (Pouillet)	221
66. Зеркальный гальванометръ . . .	221
66a. Электродинамометръ (W. Weber)	222
Динамометръ съ приведеніемъ къ нулю (Siemens). . .	224
Электродинамическія вѣсы (Helmholtz, Mascart, Rayleigh).	224
67. Бифилярный гальванометръ (Weber).	224
67a. Другія формы измѣрителей тока .	225
*68. Измѣреніе тока вольтметромъ (Faraday)	226
*69. Сравненіе постоянныхъ двухъ гальванометровъ и градуированіе гальванометра въ абсолютной мѣрѣ	230
Помощью нормального инструмента . .	230
При помощи опредѣленной эл.-движущей силы	232
70. Сравненіе равныхъ сопротивленій. .	232
*71. Опредѣленіе сопротивленій измѣреніемъ силы тока .	234
Способы, основанные на отвѣтвленіи.	234
*71a. Дифференціальный гальванометръ (Vesquegel). . .	235
Дифференціальный мультипликаторъ въ побочной вѣтви (Heaviside)	237
Сравненіе неравныхъ сопротивленій (Kirchhoff).	238
Дифференціальный индукторъ	239
*71b. Витстоновъ мостъ	239
Приемъ въ случаѣ очень малыхъ сопротивленій (Thomson).	241
Мостъ Витстона-Кирхгофа	242
Сравненіе короткихъ толстыхъ проволокъ (Matthiessen и Hoskin)	243
71c. Сравненіе сопротивленій посредствомъ успокоенія магнитной стрѣлки (F. K.).	243
71d. Калиброваніе реостата или проволоки Витстонова моста	244
*71e. Температурный коэффициентъ проводника .	247
72. Опредѣленіе сопротивленія проводника, разлагаемаго токомъ .	248

Съ постояннымъ токомъ . . .	248
Съ переменнымъ токомъ (F. K.)	249
73. Сопротивленіе гальваническаго элемента	252
Посредствомъ гальванометра (Ohm)	252
Съ гальваноскопомъ и реостатомъ	252
Посредствомъ отъѣтвленія (Siemens)	253
Компенсационнымъ приемомъ (v. Waltenhofen; Beetz).	253
Съ Витстоновымъ мостомъ (Mance)	254
Помощью переменнаго тока.	254
*73а. Сопротивленіе гальванометра.	255
Простое замыканіе.	255
Отъѣтвленіе . . .	255
Въ Витстоновомъ мостѣ (Thomson)	259
74. Сравненіе электродвижущихъ силъ (разностей потенциаловъ)	259
Помощью гальваноскопа и реостата .	260
Помощью гальванометра (Fechner) .	260
Компенсационный методъ (Poggendorff) . . .	260
» » (Bosscha; Dubois-Reymond, Clark).	261
75. Универсальный гальванометръ Сименса.	263
76. Электродвижущая сила въ абсолютной мѣрѣ	264
Методъ Ома . . .	265
Компенсационный способъ Поггендорфа.	266
*76а. Измѣреніе разности потенциаловъ въ замкнутой цѣпи. Разность потенциаловъ у борновъ	266
*77. Крутильный гальванометръ (Siemens и Halske)	267
*77а. Измѣренія у динамо-машинъ.	268
77в. Опредѣленіе горизонтальной составляющей земнаго магнетизма гальваническимъ путемъ	271
Помощью вольтаметра и тангенсъ-буссоли.	271
Съ бифиллярнымъ гальванометромъ и тангенсъ-буссолю (Weber).	271
Съ бифиллярнымъ гальванометромъ и магнитною стрѣлкой (F. K.) .	272
78. Законы движенія магнитной стрѣлки, подверженноі успокоенію	273
*Связь между успокоеніемъ въ мультипликаторѣ, гальванометрической функціей и сопротивленіемъ.	275
78а. Измѣреніе кратковременнаго электрическаго тока или количества электричества . . .	276
79. Методы мультипликаціи и отбрасыванія (Gauss и Weber)	278
80. Опредѣленіе магнитнаго наклоненія земнымъ индукторомъ (Weber) .	280
81. Опредѣленіе сопротивленій помощью магнитнаго индуктора (Weber)	283
81а. Индукціонный коэффициентъ магнита	284
*81в. Измѣреніе сильнаго магнитнаго поля посредствомъ индукціи	285
82. Абсолютное измѣреніе сопротивленій (Weber)	286

По успокоенію колеблющагося магнита	286
*Съ земнымъ индукторомъ	287
83. Опредѣленіе суммы площадей оборотовъ катушки	290
Измѣреніемъ диаметровъ или изъ длины проволоки	290
Изъ магнитнаго дѣйствія на разстояніи (F. K.).	290
*83a. Коэффициентъ самоиндукціи проводника (Maxwell).	292

Электростатика.

84. Сравненіе потенциаловъ	294
Помощью вивусть-электрометра (R. Kohlrausch).	294
Помощью квадрантнаго электрометра (Thomson).	295
Помощью капилярнаго электрометра (Lippmann)	296
Сравненіе электродвижущихъ силъ; сравненіе сопротивленій	296
84a. Абсолютное измѣреніе электростатическаго потенциала (Thomson)	297
85. Количество электричества въ конденсаторѣ	298
Опредѣленіе помощью электрометра	298
> помощью измѣрительной банки Лэна	298
> помощью гальванометра .	298
> помощью воздушнаго термометра (Riess).	299
*86. Электрическая емкость	299
Опредѣленіе помощью электрометра.	300
> помощью гальванометра .	301
> въ абсолютной мѣрѣ	302
*86a. Опредѣленіе очень большихъ сопротивленій	303
Помощью конденсатора (Siemens)	304

Опредѣленіе положенія и времени.

87. Нѣкоторые астрономическіе термины	306
88. Теодолитъ	307
Измѣреніе абсолютной высоты.	309
Пріемъ повторенія (репетиціи)	310
89. Опредѣленіе меридіана мѣста	311
Изъ двухъ крайнихъ положеній свѣтила	311
Изъ соответствующихъ высотъ.	312
Изъ наблюденія солнца въ полдень .	313
90. Опредѣленіе высоты полюса	313
91. Опредѣленіе хода часовъ или контролированіе абсолютнаго времени	315
92. Опредѣленіе времени. Изъ одиночнаго наблюденія высоты солнца.	316
Изъ соответствующихъ высотъ.	318

Абсолютная система мѣръ.

(п р и б а в л е н і е)

Основные и производныя мѣры; абсолютная мѣра	321
«Измѣренія» производныхъ единицъ	323

1. Площадь. 2. Объемъ. 3. Уголъ. 4. Скорость. 5. Ускореніе.	
6. Сила	325
7. Работа. 8. Моментъ вращенія	326
9. Направляющая сила. 10. Моментъ инерціи	327
10а. Модуль упругости	328
11. Количество электричества. 12. Электростатическій потенциалъ	328
13. Электростатическая емкость	329
14. Количество свободнаго магнитизма. Магнитный полюсъ.	329
15. Магнитный моментъ	330
16. Магнитное напряженіе въ данномъ мѣстѣ	333
17. Сила тока; механическая мѣра	335
18. Сила тока; химическая мѣра	335
19. Сила тока; электромагнитная (Веберова) мѣра	336
19а. Интегральный токъ, количество электричества; электромагнитная мѣра	338
20. Электродвижущая сила, потенциалъ; магнитная мѣра	338
20а. Емкость; электромагнитная мѣра. 21. Сопротивленіе току	341
22. Работа тока и теплота, развиваемая токомъ	342

Приложеніе къ русскому изданію *)

Маятникъ	345
Простой маятникъ, 345. Опредѣленіе напряженія тяжести по Бордѣ, 348. Таблица напряженій тяжести и длины секунднаго маятника, 350. Сложный маятникъ, 350. Опредѣленія напряженія тяжести по Кэтеру, 354. Къ измѣренію времени; личное уравненіе 358.	
Гигрометръ Крива	360
Упругость, деформация и напряженіе	361
Объемная упругость; простая твердость (simple rigidity) 361. Сдвигъ, 362. Крученіе, 364. Модуль Юнга, 365. Пуассоново отношеніе, 366. Таблица коэффициентовъ упругости, 366.	
Къ моменту инерціи: дополнительныя формулы для вычисленія моментовъ инерціи	367
Способъ сравненія сопротивленій Кэри Фостера	368
Опредѣленіе разности двухъ приблизительно равныхъ сопротивленій, 368. Калиброваніе проволоки моста, 371.	
Къ Витстонову мосту	372
Условія чувствительности 372. Температура 374.	
Вывѣрка амметровъ и вольтметровъ	375
Амметръ, источник погрѣшностей, 375. Точность градуировки, 375. Остаточный магнитизмъ, 377. Погрѣшность вслѣдствіе обращенія тока; вслѣдствіе магнитнаго дѣйствія извѣй, 378.	

*) Порядокъ этихъ дополнительныхъ статей вообще соотвѣтствуетъ порядку въ текстѣ книги. Перев.